



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS EM SISTEMA  
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

**ALEXANDER CARDOSO MATOS  
RÔMULO DUTRA RASSLAN**

**DOURADOS-MS  
2018**

**ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS EM SISTEMA INTEGRAÇÃO  
LAVOURA-PECUÁRIA**

ALEXANDER CARDOSO MATOS  
RÔMULO DUTRA RASSLAN

ORIENTADORA ELAINE REIS PINHEIRO LOURENTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal da Grande Dourados  
como parte dos requisitos do Curso de  
Agronomia para a obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo.

**DOURADOS - MS  
2018**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pela vida, e as nossas famílias, por toda dedicação e paciência contribuindo diretamente com a nossa jornada.

Agradecemos aos contribuintes que estiveram dispostos a ajudar e auxiliar para um melhor aprendizado em especial.

A professora Elaine, pela orientação e ensinamentos que nos permitiu a condução deste trabalho.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias pelas oportunidades e ferramentas que permitiram chegar hoje ao final deste ciclo de maneira satisfatória.

# SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Sistemas conservacionistas de manejo do solo	3
2.1.1 Integração Lavoura-Pecuária	3
2.1.1.1 Sistema Barreirão	4
2.1.1.2 Sistema Santa Fé	4
2.1.1.3 Sistema Santa Brígida	4
2.1.1.4 Sistema São Mateus	4
2.1.2 Sistema Semeadura Direta	5
2.2 Atributos microbiológicos do solo	5
2.2.1 Biomassa microbiana do solo	5
2.2.2 Respiração Basal (C-CO <sub>2</sub> )	6
2.2.3 Quociente metabólico (qCO <sub>2</sub> )	6
2.2.4 Quociente microbiano (qMIC)	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Descrição das áreas experimentais	10
3.2 Análise microbiológica do solo	10
3.2.1 Biomassa microbiana do solo	10
3.2.2 Respiração basal (C-CO <sub>2</sub> )	13
3.2.3 Derivados (qCO <sub>2</sub> e qMIC)	15
3.3 Análise estatística dos dados	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5 CONCLUSÃO	20
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

## RESUMO

Os atributos microbiológicos do solo são considerados indicadores sensíveis de qualidade do mesmo, estando relacionado com a estabilização dos agregados, dinâmica da matéria orgânica e disponibilização de nutrientes. Neste contexto, objetivou-se com este estudo avaliar os atributos microbiológicos do solo sob diferentes sistemas de manejo por meio da biomassa microbiana e derivados. A pesquisa foi desenvolvida em Maracaju – Mato Grosso do Sul em 2017/2018, avaliando-se diferentes sistemas de manejo e uso do solo: sistema de integração lavoura pecuária, pastagem permanente, semeadura direta e área de vegetação nativa como parâmetro, onde o bioma predominante é Cerrado. Foi avaliado o carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico e microbiano. Os sistemas de manejo das culturas promoveram alterações nos atributos microbiológicos do solo, os sistemas que envolvem integração lavoura-pecuária mostraram-se mais eficientes nos parâmetros de qualidade ambiental (qMIC) e a estabilidade microbiológica (qCO<sub>2</sub>).

Palavras-chave: biomassa microbiana, indicador biológico, sistema de manejo.

## ABSTRACT

The microbiological attributes are considered sensitive indicators of soil quality, being related to aggregates stabilization, organic matter dynamics and nutrients availability. In this context, the aim of this study was to evaluate microbiological attributes under different handling systems through microbial biomass and by-products. The research was developed in Maracaju – Mato Grosso do Sul in 2017/2018, evaluating different soil handling and use: pasture/livestock integration system, pasture, no-till crop and native vegetation as parameter, where the Cerrado is prevailing biome,. The microbial biomass carbon, basal respiration, metabolic and microbial quotient were evaluated. Tillage handling systems promoted changes in soil microbiological attributes, crop and pasture/livestock integration systems showed to be more efficient in environmental quality parameters (qMIC) and microbiological stability (qCO<sub>2</sub>).

Keywords: microbial biomass, biological indicator, handling system.

# 1 INTRODUÇÃO

Considerando o aumento da exploração de áreas agropecuárias na região do Cerrado, é necessário estabelecer práticas sustentáveis visando aumento da eficiência dos sistemas de produção (BALBINO et al., 2011), aliando-se a conservação dos recursos naturais renováveis.

A região do Cerrado vem sendo explorada economicamente nos últimos anos e ao contrário de muitas outras áreas utilizadas na agricultura, apresentam elevados teores de óxidos de ferro e alumínio, com acidez elevada (CAMARGO et al., 2010), tornando alguns nutrientes indisponíveis para as plantas. Portanto, é imprescindível boas práticas agrícolas visando impactar positivamente a produtividade do sistema agropecuário através do uso de manejo adequado sem abrir mão da sustentabilidade (ALVARENGA e NOCE, 2005)

No Mato Grosso do Sul, cerca de 61% do território é ocupado por área de Cerrado, em que as temperaturas e os índices pluviométricos elevados favorecem a decomposição acelerada dos resíduos culturais (SILVA et al., 2011). A manutenção da matéria orgânica é fundamental pois afeta nos processos físicos, químicos e microbiológicos no sistema solo, fazendo-se necessário interpretações da dinâmica desses processos, pois permite subsidiar o estabelecimento de práticas de manejo que assegurem o incremento do conteúdo de MOS e a qualidade ambiental e do solo ao longo do tempo (ROSSI et al., 2011).

Neste sentido, o uso de plantas de cobertura com elevada produção de resíduos e que apresentem maior tempo de meia vida, o que resulta em menor velocidade de decomposição e mantém os resíduos vegetais sobre o solo por maior tempo são potenciais visando incremento de MOS (ROSSI, 2009).

Dentre as possibilidades de manejar o solo para produção agrícola, despertou-se a preocupação em identificar o manejo mais sustentável, neste contexto, o sistema de integração lavoura-pecuária vem ganhando impulso pelo seu objetivo de maximizar o uso da terra (LANZANOVA et al., 2005; MARCHÃO et al., 2007; SALTON et al., 2008).

A integração lavoura-pecuária consiste na implantação de diferentes

sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite entre outros, na mesma área, em plantio consorciado, sequencial ou rotacional. As vantagens do sistema de integração de lavouras produtoras de grãos no verão e pastagens cultivadas no inverno são várias. Entre as principais podemos citar as melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e fornecimento de resíduos vegetais sob a superfície do solo (MACEDO, 2009; LOVATO et al., 2017).

O consórcio lavoura-pastagem proporciona rotação de cultura, propiciando benefícios aos atributos físicos, tais como agregados do solo, bem como incremento da sua capacidade de troca catiônica, favorece também a quebra dos ciclos de pragas e doenças entre outros benefícios interessantes não só para o agricultor como também para o pecuarista (MACEDO et al., 2015).

Neste contexto a microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo, exercendo influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais (JENKINSON e LADD, 1981). Portanto o conhecimento dos fatores que afetam os microrganismos do solo é fundamental para a manutenção sustentável do meio ambiente (TOTOLA e CHAER, 2002).

A biomassa microbiana do solo (BMS) pode ser afetada pelas práticas de manejo do solo, sendo verificadas reduções acentuadas em seus números em sistemas de manejo convencional, em detrimento dos sistemas considerados conservacionistas, como a semeadura direta. Sendo assim alterações nas comunidades de microrganismos e sua atividade afetam diretamente os processos biológicos e bioquímicos do solo, na atividade agrícola e conseqüentemente na sustentabilidade dos agroecossistemas. (GAZOLLA et al., 2015; FERREIRA et al., 2017; MERCANTE, 2008).

## **1.1 Objetivo**

Avaliar e quantificar as variações nos atributos microbiológicos do solo sob sistemas conservacionistas que envolvam integração lavoura-pecuária e semeadura direta, dessa forma obter dados que possibilitem identificar sistemas que proporcionam maior qualidade biológica do solo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Sistemas conservacionistas de manejo do solo**

A pecuária brasileira se desenvolveu em cenário extrativista, com espécies forrageiras nativas ou naturalizadas, em grande parte de baixo valor nutricional, com a agricultura não foi diferente, embasando-se em sistemas de monocultivo e intensa movimentação do solo. Atualmente, com o advento da tecnologia e estudos mais aprofundados no assunto, a agropecuária sustentável brasileira consiste na agricultura de baixa emissão de carbono (Plano ABC). Este é resultado do artigo 3º do Decreto nº 7.390/2010, sendo um plano setorial que visa cumprir o compromisso de reduzir a emissão de gases de efeito estufa no setor agropecuário assumido pelo país e é composto por diversos programas, dentre eles a implantação de sistemas conservacionistas de manejo do solo como a semeadura direta e a integração lavoura-pecuária (BRASIL, 2012).

#### **2.1.1 Integração Lavoura-Pecuária**

Pode-se definir a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) como a rotação, consorciação e/ou sucessão de diferentes sistemas produtores agropecuários aproveitando o sinergismo que se cria entre a lavoura e a pastagem (ALMEIDA et al., 2015). O sistema de ILP possui diversos benefícios como a recuperação de pastagens degradadas através do aproveitamento do adubo residual da lavoura, proporcionando maior produtividade da forragem; a maior qualidade e quantidade da forragem; a quebra do ciclo de patógeno-hospedeiro, redução de pragas e plantas invasoras nos dois sistemas (CASSOL, 2003); a diversificação da fonte de renda (MACHADO et al., 2011); o aumento da produtividade na lavoura (COSTA et al., 2010); entre outros. Em contrapartida também existem empecilhos como, por exemplo, a necessidade de mão de obra especializada; a dificuldade na escolha do manejo cultural empregado; a aceitação dos pecuaristas e agricultores tradicionais (CASSOL, 2003).

### **2.1.1.1 Sistema Barreirão**

Na década de 1980 iniciou-se estudos sobre a consorciação agricultura e pecuária, resultando no lançamento do Sistema Barreirão, em 1991 (OLIVEIRA et al., 1996), com o intuito de promover a recuperação de pastagens degradadas, este sistema consiste na implantação de culturas de grãos, contando com correção e adubação, em consorcio com gramíneas forrageiras perenes. Esta técnica proporciona amortização parcial ou total dos custos de implantação, através da comercialização dos grãos, garantindo o estabelecimento e maior produtividade da pastagem seguinte em decorrência do efeito residual dos fertilizantes (ALMEIDA et al., 2015).

### **2.1.1.2 Sistema Santa Fé**

Em 2001 iniciou-se o sistema Santa Fé com a proposta de consorciar forragens tropicais, principalmente do gênero *Brachiaria* e *Panicum*, com culturas de grãos, frequentemente o milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum* spp.), milheto (*Pennisetum americanum* L.) e a soja (*Glycine max* L.) (KLUTHCOUSKI et al., 2000). Este sistema posiciona a braquiária como um dos componentes da rotação de culturas, neste caso rotação lavoura-pastagem, visando a produção de forragem para a entressafra, palha em quantidade e qualidade para o sistema de semeadura direta (SSD), dessa forma cientistas e produtores rurais passaram a acreditar na mudança proposta por este novo sistema consolidando então a ILP (ALVARENGA et al., 2006).

### **2.1.1.3 Sistema Santa Brígida**

Lançado em 2010, tem por objetivo adicionar mais um componente ao ILP, as leguminosas, consorciadas principalmente com as culturas do milho e da braquiária com a finalidade de aumentar o aporte de nitrogênio ao solo através da fixação biológica do nitrogênio atmosférico (OLIVEIRA et al., 2010).

### **2.1.1.4 Sistema São Mateus**

Lançado em 2013 com a proposta de implantação da agropecuária sustentável em solos arenosos e em pastagens degradadas, amortizando parcial ou

completamente os custos da adequação química e física do solo, recuperando a pastagem e produzindo palhada para a semeadura direta (SALTON et al., 2013).

### **2.1.2 Sistema Semeadura Direta**

Os primeiros registros de ações conservacionistas com a semeadura direta no Brasil são de 1972, em Rolândia, Paraná (FISCHER, 2012). O sistema compreende um conjunto de técnicas que visam melhorar as condições do solo e da dinâmica hídrica, tem por fundamento o não revolvimento do solo, portanto a semeadura é realizada diretamente no solo não revolvido, ou seja, sobre a palha (restos) da cultura anterior. Este sistema oferece não só economia de máquinas, combustível e mão de obra, mas principalmente conserva o solo da erosão, auxilia na infiltração da água, protege o solo da ação direta dos raios solares e do vento, incrementa a matéria orgânica do solo e favorece a biodiversidade criando um ambiente ideal para a proliferação de inimigos naturais de pragas e doenças (HECKLER et al., 1998). Vale lembrar que mesmo com a difusão do uso do SSD, este não se trata, na maioria das vezes, de Sistema Semeadura Direta na Palha, o qual somente é possível com a utilização da *U. ruziziensis* como planta de cobertura do solo (CECCON, 2007).

## **2.2 Atributos microbiológicos do solo**

### **2.2.1 Biomassa microbiana do solo**

Os microrganismos representam a fração viva e mais ativa da matéria orgânica do solo, incluem-se fungos, bactérias, protozoários, algas, actinomicetos e macrofauna (FERREIRA, 2015). Assim, os microrganismos estão presentes tanto na matriz do solo como na rizosfera, onde realizam atividades metabólicas relevantes para o crescimento das plantas (ANDRADE et al., 2004), representa o compartimento central do ciclo do C, N, P e do S no solo, podendo funcionar como fonte de reserva desses nutrientes ou como catalisador na decomposição da matéria orgânica. Os fatores ambiente, quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais depositados sobre o solo podem alterar consideravelmente a atividade e a biomassa microbiana do solo (C-BMS) (SOUZA et al., 2010). Além da análise e quantificação direta dos aspectos físicos e químicos, o C-CBMS é considerado como um bioindicador de qualidade, estando este

relacionado a estabilização dos agregados, na ciclagem de nutrientes e ao carbono orgânico do solo (ANGERS et al., 1993).

Tanto o C carbono orgânico do solo quanto o C da biomassa microbiana têm sido utilizados como indicadores de alterações e de qualidade do solo, uma vez que estão associados às funções ecológicas do ambiente e são capazes de refletir as mudanças de uso do solo (SIMÕES et al., 2010), e também pela maior facilidade na quantificação, devido ao seu teor ser mais elevado na célula (CARDOSO, 2004).

As análises realizadas no espectrofotômetro têm por objetivo quantificar o C presente nas sub-amostras. A lei de Lambert e Beer explica que há uma relação exponencial entre a transmissão de luz através de uma substância e a concentração da substância, assim como também entre a transmissão e a longitude do corpo que a luz atravessa. Se conhecemos  $l$  e  $\alpha$ , a concentração da substância pode ser deduzida a partir da quantidade de luz transmitida.

### **2.2.2 Respiração Basal (C-CO<sub>2</sub>)**

A respiração dos microrganismos é um dos métodos mais conhecidos para quantificar a atividade microbiológica do solo, esta liberação de CO<sub>2</sub> no processo respiratório dos microrganismos aeróbicos pode ser determinada através da titulação, quando o CO<sub>2</sub> é capturado pelo NaOH (AMADORI et al., 2009). Essa medida é considerada uma estimativa indireta da velocidade de decomposição da matéria orgânica ou de outro substrato no solo (NICODEMO, 2009). Elevada taxa de respiração microbiana é indicativo de elevada atividade e conseqüentemente de alta taxa de mineralização da matéria orgânica do solo, o que indicaria que o sistema em análise não atua como dreno, mas sim como emissor de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (TOTOLA e CHAER, 2002)

### **2.2.3 Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>)**

O quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>), é obtido pela razão da respiração basal (C-CO<sub>2</sub>) pelo carbono da biomassa microbiana (C-BMS), isto é, teor carbono específico. Valores altos de qCO<sub>2</sub> indicam maior necessidade de energia de manutenção para os microrganismos. Assim, sob solos ácidos, onde há necessidade de manter o pH celular em torno de 6,0 apesar dos valores mais baixos do meio circulante, o qCO<sub>2</sub> se eleva. Nessa situação sobra menos energia para a produção de biomassa microbiana. Impactos

nas células microbianas, como mudanças de temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes, devem se refletir em mudança no quociente metabólico (ANDERSON, 2003; NICODEMO, 2009).

#### **2.2.4 Quociente microbiano (qMIC)**

A razão entre C microbiano (BMS) e carbono orgânico total do solo (COT) é conhecida como quociente microbiano (BMS/COT). O quociente microbiano indica o carbono disponível para crescimento microbiano, de modo que valores mais altos devem estar relacionados a solos de melhor qualidade. Quando o  $qCO_2$  é baixa, mais carbono estará disponível para a produção de biomassa, o que se deve refletir em maior porcentagem de C microbiano em relação ao C orgânico total. Os quocientes microbiano e metabólico ( $qCO_2$ ) podem ser utilizados na avaliação da vulnerabilidade dos solos à perturbação, em termos de resiliência (KASCHUK et al., 2009).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Maracaju (21°42'53.5"S 55°34'45.3"W e altitude de 587m), Mato Grosso do Sul. O solo das áreas estudadas foi classificado como Latossolo vermelho distroférico, textura franco argilosa. A caracterização física e química dos solos encontram-se na tabela 1 e 2. O clima da região é caracterizado como Cwa, conforme Köppen (ALVARES et al., 2013), com precipitação média anual de 1500 mm e temperatura média anual de 22 °C. Vegetação predominantemente de Cerrado.

**Tabela 1.** Textura do solo, valores médios de areia, silte e argila e textura do solo sob diferentes sistemas de manejo

Sistemas de manejo	Areia	Silte	Argila	Textura do solo
	g kg <sup>-1</sup>			
ILP <sub>L</sub>	398	166	434	Argiloso
ILP <sub>P</sub>	354	144	501	Argiloso
SSD	321	161	517	Argiloso
VN	266	173	559	Argiloso
PP	643	94	262	Franco Argilo Arenoso

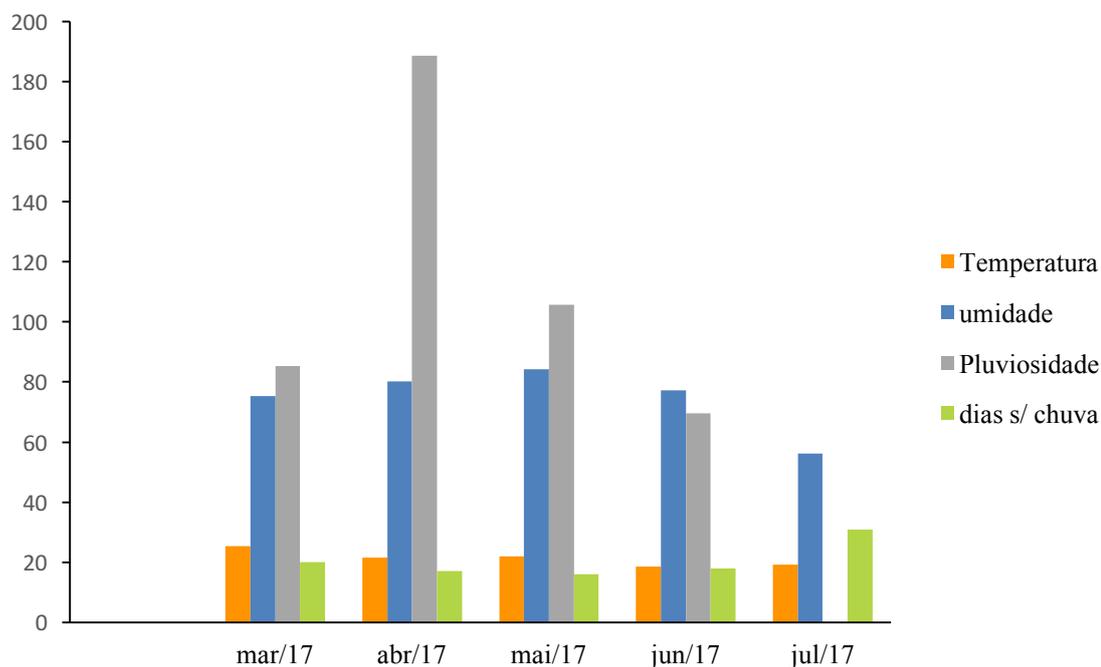
Integração lavoura-pecuária na fase lavoura (ILP<sub>L</sub>), na fase pecuária (ILP<sub>P</sub>), sistema semeadura direta (SSD), vegetação nativa (VN) e pastagem permanente (PP).

**Tabela 2.** Caracterização químicas do solo sob diferentes sistemas de manejo e vegetação nativa

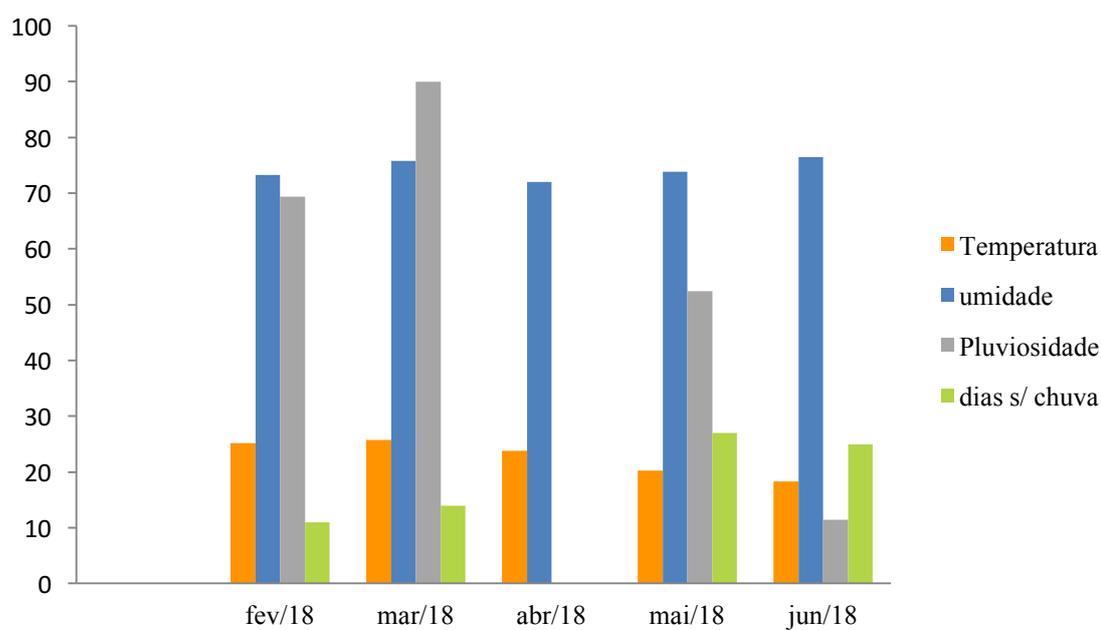
Sistemas	pH	MO	P	AL	K	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	v%
	H <sub>2</sub> O	g/dm <sup>-3</sup>	mg/dm <sup>-3</sup>	mmolc/dm <sup>-3</sup>							%
ILP <sub>L</sub>	6,1	47	19	0,0	6,2	93	13	54	113	166	68
ILP <sub>P</sub>	6,2	55	51	0,0	7,6	83	22	45	113	159	71
SD	5,8	41	41	0,0	6,8	76	12	62	95	157	60
PP	7,1	41	31	0,0	4,1	119	24	24	147	170	86
VN	6,0	54	2	0,0	6,8	91	25	50	123	173	71

Integração lavoura-pecuária na fase lavoura (ILP<sub>L</sub>), na fase pecuária (ILP<sub>P</sub>), sistema semeadura direta (SSD), vegetação nativa (VN) e pastagem permanente (PP).

As precipitações, temperatura média, umidade relativa e dias sem chuva na região em estudo, meses antes até a coleta encontram-se nas figuras 1 e 2.



**Figura 1.** Dados de temperatura, umidade relativa e pluviosidade de 2017. Campo Grande, CEMTEC, 2018.



**Figura 2.** Dados de temperatura, umidade relativa e pluviosidade de 2018. Campo Grande, CEMTEC, 2018.

### 3.1 Descrição das áreas experimentais

Foram estudadas quatro áreas submetidas a diferentes manejos. Sistema Integração Lavoura-Pecuária na fase lavoura (ILP<sub>L</sub>) e na fase pastagem (ILP<sub>P</sub>), Sistema de Semeadura Direta (SSD) e Pastagem Permanente (PP). Uma área de vegetação nativa (VN), sem alterações antrópicas, foi utilizada com padrão comparativo referencial como ecossistema de equilíbrio (Tabela 3)

**Tabela 3.** Caracterização das áreas em estudo

Sistemas de uso e manejo do solo	Ano de implantação	Cultura	Tamanho da área	Lotação UA/ha	Produtividade	
			ha		2017	2018
ILP <sub>P</sub>	1992	<i>Urochloa decumbens</i>	92	3	-	-
ILP <sub>L</sub>	1992	milho safrinha	95	-	105 sacas/ha	120 sacas/ha
SSD	1995	milho safrinha	45	-	105 sacas/ha	-
PP	1998	<i>Urochloa decumbens</i>	2	3	-	-
VN	-	Cerrado	54	-	-	-

\*Sistema Integração Lavoura-Pecuária na fase lavoura (ILP<sub>L</sub>) e na fase pastagem (ILP<sub>P</sub>), Sistema de Semeadura Direta (SSD), Pastagem Permanente (PP) e vegetação nativa (VN).

As amostragens do solo foram realizadas junho/julho de 2017 e 2018, isto é, período de inverno, em cada área foram coletadas aleatoriamente seis amostras de solo, na camada de 0-10 cm.

### 3.2 Análise microbiológica do solo

#### 3.2.1 Biomassa microbiana do solo

Para a avaliação da biomassa microbiana do solo, em cada uma das áreas foram coletados 1 kg de solo, na profundidade de 0-10 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em câmara fria (4 °C).

Posteriormente, foram peneiradas em peneira com malha de 2 mm, sendo destorroado manualmente e retirado possíveis fragmentos de raízes, vegetais e organismos remanescentes.

O solo foi acondicionado em recipientes plásticos, e com o uso de borrifador contendo água destilada a amostra foi umedecida uniformemente até atingir 50-70% da capacidade máxima de retenção de água à fim de proporcionar maior atividade dos microrganismos do solo. Foram pesadas seis sub-amostras, quatro contendo 20g de solo, e duas contendo 50g de solo em frascos cilíndricos de vidro (snaps) e com tampa.

#### - **Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS)**

Foi realizada pelo método da fumigação-extração, adotando-se o fator de correção para eficiência de extração ( $k_{ec}$ ) igual a 0,33 (VANCE et al., 1987); o C orgânico foi determinado pelo método de Mebius, modificado por Yeomans e Bremner (1989).

#### - **Obtenção do C das sub-amostras fumigadas**

A extração de carbono solo foi realizada em amostras não fumigadas e fumigadas. Colocou-se as duas sub-amostras em um dessecador, juntamente com um frasco contendo 20 ml de clorofórmio puro e analítico ( $CHCl_3$ ) para determinação do carbono total do solo (amostra fumigada); tampou-se o dessecador sendo este submetido a aspiração por 3 vezes no mínimo 5 minutos, através de uma bomba de vácuo, até que sua pressão interna atingisse valores próximos a -625 mmH.

Em seguida a válvula do dessecador foi fechada permanecendo com a bomba ligada para que a sua pressão interna reduzisse, acelerando a volatilização e a saturação da fase gasosa pelo clorofórmio líquido. O dessecador foi mantido com as sub-amostras em sala escura por 24 horas com temperatura por volta dos 30 °C.

Após as 24 horas, foi removido com uma bomba de vácuo o vapor de clorofórmio remanescente a partir de três aspirações sucessivas, cada aspiração com duração correspondente ao tempo necessário para que a pressão atinja valores próximos a 550mg.

Retirados os frascos de sub-amostras de solo do dessecador, cada um deles foi adicionado uma solução extratora de 50 ml de sulfato de potássio  $K_2SO_4$  0,5 mol/L.

Preparo da solução extratora:  $K_2SO_4$  0.5 + água destilada agitada até dissolver. É importante respeitar a recomendação do sulfato de potássio para a quantidade de água destilada a ser usada.

Os frascos foram tampados e acondicionados para a extração em agitador onde foram agitados a 250 rpm com pH ajustado na faixa de 6,5 a 6,8 durante 30 minutos, após decorrido o tempo as sub-amostras precisaram ficar em repouso por 20 minutos antes de iniciar o processo de pipetagem.

- Pipetagem: Com uma pipeta foi retirado 10 ml do líquido sobrenadante da sub amostra, e transferido para o papel-filtro, dobrado em forma de cone, sobre o erlenmeyer. Quando foi verificado uma quantia suficiente filtrada foi retirada uma alíquota de 2 ml e transferida para um tubo de ensaio de 20 ml para a preparação das sub-amostras para leitura.

- Preparo das sub-amostras para leitura: No extrato filtrado de 2 ml adicionou-se em ordem, 3 ml de água deionizada, 2,5 ml da solução de trabalho (ST) e 2,5 ml de ácido sulfúrico concentrado agitado e deixado em repouso por um período de duas horas.

- Preparo da solução de trabalho utilizado na leitura das sub-amostras filtradas: Em um balão volumétrico de 1000 ml colocou-se 200 ml de  $H_2O$  desmineralizada e em ordem foi adicionado os seguintes componentes: 300 ml de pirofosfato de sódio ( $NaP_2O_7$ ) 0,1M; 46 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 0,5M; 20 ml de permanganato de potássio ( $KMnO_4$ ) 0,1 M; 80 ml de sulfato de manganês monohidratado ( $MnSO_4H_2O$ ) 0,1 M. A solução de trabalho deve ser sempre armazenada em recipiente escuro envolvido por papel alumínio e guardado em local escuro a temperatura ambiente, podendo ser armazenada nessas condições por semanas.

- Leitura: Foram feitas as leituras de absorbância da curva padrão e das sub-amostras em espectrofotômetro utilizando-se um comprimento de ondas de 495nm, para encontrar a equação de reta entre a absorbância e a concentração de C.

Na leitura da curva padrão, como segue na Tabela 4, o aparelho foi zerado com a concentração máxima de carbono ( $24 \text{ mg L}^{-1}$ ), tendo em vista que o processo é de redução do permanganato de potássio reduzido pelo carbono. A concentração máxima de carbono admitida, considerando este procedimento, é o correspondente a  $24 \text{ mg L}^{-1}$ . A partir desta concentração, não é observado linearidade entre a absorbância e a concentração de carbono, conforme a lei de Lambert & Beer.

Equação para o cálculo do C-BMS:

$$C_{BMS} = \frac{(C(\text{amostras fumigadas}) - (C(\text{amostras não fumigadas})))}{0,33}$$

A seguir os procedimentos realizados com as quatro sub-amostras de 20 g, duas para amostras fumigada e duas para não fumigada.

**Tabela 4.** Concentrações de carbono e respectivas absorvâncias a 495 nm

C (mg L <sup>-1</sup> )	Abs (nm)
24	0
18	0,053
12	0,112
6	0,170
0	0,223

Equação dessa curva: Abs= 0,2242- (0,0094 \* C) R<sup>2</sup>= 0,9996.

#### - **Obtenção do C das sub-amostras não fumigadas**

As sub-amostras não fumigadas não passam pelo dessecador e assim que pesadas em snaps e incubadas por 24 horas. Após a incubação foi adicionada em cada uma delas uma solução extratora de 50 ml de sulfato de potássio K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol/L que posteriormente foram agitadas durante 30 minutos em agitador a uma rotação de 250 rpm.

Os procedimentos após a agitação seguiram os mesmos realizados com as sub-amostras fumigadas para a quantificação do carbono, que entra na fórmula para o cálculo da biomassa microbiana do solo.

#### **3.2.2 Respiração basal (C-CO<sub>2</sub>)**

Foi obtida pelo método da respirometria (evolução de CO<sub>2</sub>), em que as sub-amostras de 50g de solo foram peneiradas e limpas, depois incubadas por sete dias em

ambiente escuro em frascos herméticos de 500 ml, contendo em seu interior frascos com 10 ml de solução de NaOH. Como testemunha foi feito uma amostra contendo apenas o frasco com NaOH, amostra em branco (BR).

Após o período de incubação realizou-se então a titulação das amostras. Depois de abertos os potes herméticos, o conteúdo do copo plástico foi analisado juntamente com 2 ml de BaCl<sub>2</sub>, 2 gotas de solução alcoólica de 1% de fenolftaleína, como indicador e na sequência titulado com HCl 0,5 M.

Preparo das soluções para a realização da titulação:

- NaOH 1N: Pesou-se 40 g do NaOH e diluiu-se em 1000 ml de água destilada;
- HCl 0,5N: Foi pesado 41,75 ml de ácido clorídrico concentrado e diluído em 1000 ml de água destilada;
- BaCl<sub>2</sub> 10%: Pesou-se 10 g do BaCl<sub>2</sub> e dilui-se em 100 ml de água destilada;
- Fenolftaleína 1%: Foi pesado 1 g de fenolftaleína e diluído em 100 ml de álcool.

O cálculo da respiração microbiana foi feito utilizando-se o método da titulação com captura de CO<sub>2</sub> por NaOH pela seguinte fórmula:

$$C - CO_2 = (BR - HCl) \times 0,5 \times 40 \times \left(\frac{44}{80}\right) \times 1000 \times \frac{\left(\frac{12}{44}\right)}{\frac{PS50g}{7}}$$

Em que:

- (BR-HCl): Indica a presença de espécie química (CO<sub>2</sub>) que reagiu com o NaOH;
- 0,5: normalidades do HCl;
- 40: meq-g d NaOH (mg);
- 44/88: CO<sub>2</sub>/NaOH (massa do CO<sub>2</sub> que reage com NaOH);
- 1000: 1 mg = 1000 microgramas;
- 12/44: C/CO<sub>2</sub> (massa do C determinado a partir do CO<sub>2</sub> metabolizado);
- HCl: solução gasta na titulação;
- PS50g: peso seco do solo a partir de 50 g;
- 7: dias de encubação;
- BR: amostra em branco.

### 3.2.3 Derivados (qCO<sub>2</sub> e qMIC)

O quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>), foi obtido pela divisão dos valores da respiração basal pelo do carbono microbiano:

$$\left( \frac{\mu \text{ CO}_2}{\mu\text{g C} - \text{BMS}h^{-1}} \right)$$

Já o quociente microbiano (qMIC) é expresso em porcentagem, portanto calculado conforme a seguinte fórmula:

$$\left( \frac{\text{C} - \text{BMS}}{\text{Corg}} \right) \times 100$$

Esse método permite calcular o quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) ou a taxa de respiração específica, que é a razão da respiração microbiana em relação à biomassa, ou seja, a quantidade de C-CO<sub>2</sub> produzida por unidade de C da biomassa microbiana. O quociente metabólico indica a eficiência de utilização da matéria orgânica pelos microrganismos do solo (NICODEMO, 2009).

### 3.3 Análise estatística dos dados

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), considerando a variação entre e dentro dos tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR (FERREIRA, 2014).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de manejo e uso do solo influenciaram a quantidade de microrganismos do solo, de forma que a VN, ILP<sub>L</sub> e SSD apresentaram maior C-BMS (Tabela 5). Apesar da semelhança, a substituição da VN pelos sistemas conservacionistas ILP<sub>L</sub> e SSD, promoveu redução de 40 e 36%, respectivamente, no teor de C-BMS. O ILP<sub>P</sub> apresentou significativa redução no valor desta variável quando comparado a VN, não diferindo dos sistemas de manejo.

**Tabela 5.** Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO<sub>2</sub>), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e microbiano ( $qMIC$ ) em solo sob diferentes sistemas de manejo. Maracaju – MS, 2017.

Sistemas	C-BMS	C-CO <sub>2</sub>	$qCO_2$	$qMIC$
	( $\mu g$ de C g <sup>-1</sup> ss)	( $\mu g$ C-CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> ss dia <sup>-1</sup> )	( $\mu g$ CO <sub>2</sub> / $\mu g$ C <sub>mic</sub> h <sup>-1</sup> )	%
ILP <sub>L</sub>	156,44 ab	7,82 c	20,33 b	0,575 a
ILP <sub>P</sub>	112,25 b	23,23 b	91,50 a	0,472 a
SSD	161,94 ab	8,51 c	22,72 b	0,682 a
VN	256,91 a	29,31 a	50,38 b	0,820 a
DMS	111,21	4,48	38,18	0,385
C. V. (%)	29,30	11,79	37,40	27,40

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Integração lavoura-pecuária na fase lavoura (ILP<sub>L</sub>), na fase pecuária (ILP<sub>P</sub>), sistema semeadura direta (SSD), vegetação nativa. DMS = diferença mínima significativa; C. V. (%) = coeficiente de variação.

O menor teor de C-BMS no ILP<sub>P</sub> pode estar associado à época de coleta do solo. Isso, porque as pastagens no inverno tendem a diminuir seu desenvolvimento vegetativo, assim há menor liberação de exsudatos, importante fonte de carbono para biomassa microbiana. Cecato et al. (2000) verificaram que durante o inverno, a temperatura, a umidade e a luminosidade são inadequadas para o bom desenvolvimento das plantas forrageiras.

Por outro lado, os sistemas SSD e ILP<sub>L</sub> encontravam-se cultivado milho. A coleta foi realizada em pleno florescimento da cultura, quando há alta atividade metabólica da planta com máxima extração de nutrientes e liberação de exsudatos. O efeito da liberação de exsudatos pode ser direto, com a atração para rizosfera e provimento de nutrientes para o crescimento de microrganismos, favorecendo a intensa atividade metabólica das populações, influenciando diretamente e positivamente o

tempo de geração microbiano (MONTEIRO et al., 2012; DANTAS et al., 2009).

Os sistemas de manejo influenciaram a atividade da biomassa microbiana medido por meio da liberação de C-CO<sub>2</sub>. A VN apresentou maior perda para atmosfera, seguido ILP<sub>p</sub>. A maior atividade microbiana na VN, pode estar associada ao maior C-BMS, enquanto que, no ILP<sub>p</sub> a maior perda está associada a menor eficiência microbiana medida pelo qCO<sub>2</sub>. Esta característica determina a eficiência microbiana, ou seja, a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado por unidade microbiana (C-CO<sub>2</sub>/C-BMS). Quanto maior o qCO<sub>2</sub>, menos eficiente é o sistema, mais carbono é perdido para atmosfera e menos é incorporado ao solo.

Os sistemas de manejo mais eficientes, com menor valor de qCO<sub>2</sub>, foram ILP<sub>L</sub>, SSD e VN. É possível que em função da maior diversidade de espécies vegetais na VN e maior liberação de exsudatos nos sistemas com cultivo, houve favorecimento do ambiente para atividade de microrganismos. A semelhança dos sistemas de cultivo às condições edáficas observadas na VN é um importante resultado, uma vez que, a VN é um sistema em equilíbrio, com atividade biológica e microbiológica adequadas, além de apresentar diversidade de vegetação (KARA e BAYKARA, 2014).

A elevada ineficiência do sistema ILP<sub>p</sub> pode estar associada a alta estacionalidade da pastagem, ou seja, há excesso de forragem produzido na época das chuvas e grande déficit de forragem nos períodos de seca, em que na maioria dos casos, não há equilíbrio na relação entre suprimento e demanda, desta forma a estiagem gera um acréscimo na necessidade por energia de manutenção da população dos microrganismos (MORAES, 2012).

Os valores de qMIC indicam que nas condições edafoclimáticas estudadas, independente do sistema de manejo e uso, a quantidade de C-BMS incorporado ao carbono orgânico do solo é inadequada. Valores maiores de qMIC são indicativos de que mais substratos orgânicos lábeis estão sendo mantidos no solo, permitindo maior C-BMS por unidade de carbono orgânico do solo (KARA e BAYARA, 2014). O valor médio de qMIC (0,63), está distante do preconizado para sistemas em equilíbrio (2,2) (JENKINSON e LADD, 1981). Nestes mesmos sistemas de estudo Lourente et al. (2016), observaram qMIC superior a 2%, porém, em época chuvosa com menores restrições ao desenvolvimento das plantas e exsudação de na região da rizosfera.

Os sistemas de manejo e uso do solo apresentaram maiores valores de C-BMS para ILP<sub>L</sub>, VN e PP respectivamente (Tabela 6), apesar de não diferirem estatisticamente entre si. O sistema ILP<sub>L</sub> apresentou 18,1% de incremento em relação à

VN, enquanto o sistema PP apresentou redução de 3,5%. Em contrapartida o sistema ILP<sub>P</sub> apresentou significativa redução nos teores C-BMS em relação a VN.

**Tabela 6.** Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração microbiana (C-CO<sub>2</sub>), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e microbiano ( $qMIC$ ) em solo sob diferentes sistemas de manejo. Maracaju – MS, 2018.

Sistemas	C-BMS	C-CO <sub>2</sub>	$qCO_2$	$qMIC$
	( $\mu\text{g de C g}^{-1}\text{ss}$ )	( $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ss dia}^{-1}$ )	( $\mu\text{g CO}_2/\mu\text{gC}_{\text{mic}}\text{h}^{-1}$ )	%
ILP <sub>L</sub>	458,60 a	21,47 a	19,35 b	1,797 a
ILP <sub>P</sub>	252,01 c	26,09 a	43,02 a	1,277 b
SSD	277,72 bc	26,38 a	40,11 a	1,227 b
PP	362,47 abc	25,38 a	29,62 b	1,420 ab
VN	375,61 ab	25,20 a	27,73 ab	1,097 b
DMS	111,68	12,24	9,71	0,421
C. V. (%)	14,34	21,80	13,48	13,70

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). ILP<sub>L</sub> = Integração Lavoura-pecuária sob Lavoura; ILP<sub>P</sub> = Integração Lavoura-pecuária sob Pecuária; SSD = Sistema de Semeadura Direta; PP = Pastagem permanente 20 anos; VN = Vegetação Nativa. DMS = diferença mínima significativa; C. V. (%) = coeficiente de variação.

Os maiores teores de C-BMS do sistema ILP<sub>L</sub> podem estar relacionados a melhores condições edafoclimáticas associadas a qualidade e quantidade dos restos culturais que o próprio sistema proporciona, principalmente por estar instalado na área a duas décadas, somado à época de floração em que ocorre maior liberação de exsudatos no solo, devido à plena atividade metabólica das plantas, favorecendo a atividade microbiana (DANTAS et al., 2009).

As raízes das plantas além da função de sustentação, absorção de água e nutrientes, também produzem exsudatos radiculares, estas substâncias são compostos produzidos pelas plantas e liberados na rizosfera, as quais produzem um efeito direto de atração dos microrganismos para a rizosfera pelo provimento de nutrientes, a proporção e a composição destes compostos variam de acordo com a espécie e estágio fenológico da planta (MONTEIRO et al., 2012).

A dinâmica da matéria orgânica é influenciada pelo sistema de manejo e condições edafoclimáticas, de forma que no sistema de manejo ILP, a dinâmica da matéria orgânica depende se o sistema está na fase lavoura ou pastagem. Assim em 2018, quando ocorreu maior disponibilidade de chuva em relação a 2017, o C-BMS no ILP<sub>L</sub> foi 82% maior que no ILP<sub>P</sub>. Apesar disso, a atividade microbiana (C-CO<sub>2</sub>) foi semelhante entre os sistemas.

A menor concentração de C-BMS presente em ILP<sub>P</sub> é justificável pela época

de dormência em que as gramíneas se encontram, diferente do que ocorre em PP que apesar do estado de dormência possui maiores acúmulos de C devido a resiliência do sistema. Leuber et al. (2013) verificaram que áreas que a mais tempo são dedicadas a agricultura possuem maior diversidade microbiana, relacionando perturbações ambientais com impactos negativos na estrutura das comunidades microbianas (FORZANI, 2017).

Os sistemas de manejo não apresentaram diferença significativa entre si em relação a atividade respiratória apresentando os mesmos níveis de C-CO<sub>2</sub>. Diferentemente do ano anterior, as condições edafoclimáticas, principalmente pluviosidade, proporcionaram menores níveis de estresse favorecendo a estabilidade microbiológica.

O sistema de manejo influenciou na eficiência da biomassa microbiana medida por meio do qCO<sub>2</sub>, de forma que, o sistema ILP<sub>L</sub> foi o mais eficiente entre os sistemas de manejo estudados e semelhante a VN. Indicando que o ILP<sub>L</sub> possui dinâmica eficiente da matéria orgânica com menor perda de C-CO<sub>2</sub> para atmosfera. Este sistema e a PP incorporou significativamente maior quantidade de carbono ao solo ao solo (qMIC).

A área de pastagem permanente também mostrou-se eficiente apresentando baixos valores de qCO<sub>2</sub>, em contrapartida à elevada ineficiência do sistema ILP<sub>P</sub> que pode estar associada a pastagem ainda estar se estabelecendo, uma vez que a coleta foi realizada apenas quatro meses após o plantio da forrageira. De acordo com Stieven et al. (2014) em áreas recém implantadas o C-BMS não estabeleceu seu equilíbrio ainda, podendo acarretar em maiores perdas de carbono do sistema.

Elevados valores de quociente metabólico é indicativo de alguma condição ambiental de estresse ou desequilíbrio (ODUM, 1969; LOURENTE et al, 2016). Na área de estudo, quando do plantio da forrageira, são aplicadas elevadas doses de fertilizantes nitrogenados (até 300 Kg/ha de uréia), o que pode levar a uma condição ambiental de estresse, culminando com incrementos na taxa de perda de CO<sub>2</sub>. Morales et al. (2016) verificaram semelhante efeito, onde aplicações de uréia causaram efeito negativo na atividade microbiana e eficiência de utilização da matéria orgânica.

Os sistemas ILP<sub>L</sub> e PP apresentaram altos valores de qMIC, superando a vegetação nativa, tida como um sistema em equilíbrio, com atividade biológica e microbiológica adequadas, além de apresentar diversidade de vegetação segundo Kara e Baykara, (2014), indicando maior qualidade do solo. Este resultado pode ter relação

com as condições atípicas, no período de inverno, de temperatura e pluviosidade elevadas, favorecendo os respectivos sistemas a expressarem seu melhor potencial. Levando-se em consideração o pequeno incremento adicionado pela deposição de resíduos orgânicos ao longo do ano, o sistema VN manteve seu comportamento nos dois anos. O material orgânico depositado nas áreas de vegetação nativa possui maior teor de lignina, decompondo-se mais lentamente e oferecendo estoque de carbono mais homogêneo à microbiota tornando-as mais resistente às adversidades (MONTEIRO e RODRIGUES, 2004).

Considerando o sistema como um todo, fase lavoura e pecuária, o ILP sob lavoura mostra-se uma opção viável e benéfica à população de microrganismos, pois esses sistemas oferecem maior deposição de material cultural, conseqüentemente maior cobertura do solo, aumentando assim a qualidade ambiental e a estabilidade microbiológica. O ILP<sub>P</sub> proporciona adequado aporte de resíduos com elevada relação C/N no solo, contribuindo para eficiência do sistema observada na fase lavoura, mesmo sendo menos eficiente no período de inverno, possivelmente pela condição de estresse que a forrageira, e conseqüentemente a microbiota é submetida (PEREIRA et al., 2015).

No inverno de 2018, em função da maior ocorrência de chuva (Figura 1 e 2), a biomassa microbiana foi mais sensível para avaliar a qualidade do solo. Os sistemas de manejo estudados apresentaram condições químicas (Tabela 1) que variaram de adequada a elevada fertilidade do solo, de acordo com classe de interpretação de análise do solo (SOUZA e LOBATO, 2004). Ou seja, semelhantes, em termos de fertilidade, porém, a análise da biomassa microbiana possibilitou avaliar não apenas a fertilidade, mas a eficiência dos sistemas em incorporar carbono ao solo.

## 5 CONCLUSÃO

O sistema integrado entre lavoura e pecuária apresenta-se como eficiente alternativa ao sistema de semeadura direta, pois apesar da baixa eficiência microbiológica no período em que a pastagem é cultivada, a cobertura do solo proporcionada por esta cultura favorece alta qualidade microbiológica do solo no período de lavoura.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. G.; MACEDO M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A.N.; ARAUJO, A. R. **Sistemas mistos como alternativa para a intensificação da produção animal em pastagens: integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta**. IN: 27º Simpósio sobre manejo da pastagem. FAELQ, Piracicaba, p. 57-82, 2015.

ALVARENGA, R. C.; CUBUCCI, T.; KLUTHCOUSHI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do Milho na Integração Lavoura-Pecuária. Embrapa Sete Lagoas, MG. **Circular Técnica 80**, p. 12, dez. 2006.

ALVARENGA, R. C.; NOCE, M. A. Integração lavoura e pecuária. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. **Documentos 47**, p. 16, 2005

ALVARES, C. L.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013

AMADORI, C.; FUMAGALLI, L. G.; MELLO, N. A. Análise de métodos quantitativos de atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo. **Synergismuss cyentifica UTFPR**, v. 04, n. 1, 2009.

ANDERSON, T. H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 98, n. 1-3 p. 285-293, 2003.

ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D. Biomassa e atividade microbianas do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1191-1198, 2004.

ANGERS, D. A.; BISSONNETTE, N.; LÈGÈRE, A.; SAMSOM, N. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 73, p. 39-50, 1993.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L.F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. Brasília: Embrapa, p. 130, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília: MAPA/ACS, 2012.

CAMARGO, M. S.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010.

CARDOSO, M. O. Métodos para quantificação da biomassa microbiana no solo.

**Agropecuária Técnica**, v. 25, n. 1, p. 1-12, 2004.

CASSOL, L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

CECATO, U.; MACHADO, A. O.; MARTINS, E. N.; PEREIRA, L. A. F.; BARBOSA, M. A. A. F.; SANTOS, G. T. Avaliação da produção e de algumas características de rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 660-668, 2000.

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ano 17, n. 97, p. 17-20, jan./fev. 2007.

CEMTEC - **Centro de monitoramento de tempo, do clima e dos recursos hídricos do Mato Grosso do Sul**. Disponível em: [http://www.cemtec.ms.gov.br/?page\\_id=15](http://www.cemtec.ms.gov.br/?page_id=15). Acesso em: jul/2018.

COSTA, J. A. A.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. de; ZIMMER, A. H. Produtividade de Soja Semeada em Palhada de Capins Cultivados em Consórcio com Milho na Safrinha. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: **Associação Brasileira de Milho e Sorgo**. CD-ROM.

DANTAS, J. S.; SOUZA, A. P.; FARIAS, M. F.; NOGUEIRA, V. F. B. Interações entre grupos de microrganismo com a rizosfera. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 2, n. 2, mai/ago 2009.

FERREIRA, E. A.; FIALHO, C. M. T.; BIBIANO, C. S.; BRAGA, R. R.; PEREIRA, G. A. M.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B. Atividade microbiana de solos cultivados com mandioca em sistema de policultivo. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 27, n.3/4, p. 406-411, jul/dez 2015.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n.1, p. 22-31, jan-mar, 2017

FISCHER, R. Herbert Bartz: um louco pela agricultura e pela sustentabilidade. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ano 21, n. 132, p. 2-7, nov/dez 2012.

FORZANI, M. V. **O impacto do manejo do cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) e de pastagem (*Brachiaria decumbens*) na microbiota do solo**. 2017. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

GAZOLLA, P.R.; GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, A. P. M. G.; ROSSI, C. Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 693-704, mar./abr. 2015

HECKLER, I. C.; HERNANI, L. C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, I. C.; HERNANI,

I. C.; FONTES, C. Z. (Org.). Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Dourados: **EMBRAPA-CPAO**, p. 37- 49, 1998.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD J.N (eds). **Soil biochemistry**. Marcel Deker. p. 425-471, 1981.

KARA, O.; BAYKARA, M. Changes in soil microbial biomass and aggregate stability under different land uses in the northeastern Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186 n. 3801-8, 2014.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 1-13, 2009.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. Sistema Santa Fé - tecnologia Embrapa: integração lavoura pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional. **Circular técnica 38**, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 28, 2000.

LANZANOVA, M. E. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária**. 2005. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

LEUBER, C. L.; RAMIREZ, K. S.; AANDERUD, Z.; LENNON, J.; FIERER, N. Temporal variability in soil microbial communities across land-use types. **The ISME Journal**, v. 7, n. 8, p. 1641-1650, 2013.

LOURENTE, E. R. P.; Silva, E. F da ; Mercante, F. M. ; Serra, A. P. ; PEIXOTO, P. P. P. ; Sereia, R. C. ; ENSINAS, S. C. ; Marchetti, M. E. ; Neto, A. L. N. ; TOKURA, A. M. ; CORTEZ, J. W. . Agricultural management systems effect on physical, chemical and microbial soil properties. **Australian Journal of Crop Science** **JCR**, v. 10, p. 683-692, 2016.

LOVATO, T. H.; MINGOTTE, F. L. C. Manejo florestal em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **SIMTEC**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 9, set. 2017.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Potencial para adoção da estratégia de integração Lavoura-Pecuária e de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta para recuperação de pastagens degradadas. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, p. 307-318, 2015.

MACHADO, L. A. Z.; BALBINO, L. C.; CECCON, G. Integração lavoura-pecuária-floresta. 1. Estruturação dos sistemas de integração lavoura-pecuária. **Documentos**, **110**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum.Agronomy**, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; JUNIOR, J. D. G. S.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília. v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007.

MENDES, I. de C.; REIS JUNIOR, F. B. dos. Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Cerrados, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Documentos 112**. Planaltina, DF, 2004.

MONTEIRO, F. P.; PACHECO, L. P.; LOREZETTI, E. R.; ARMESTO, C.; SOUZA, P. E.; ABREU, M. S. Exsudatos radiculares de plantas de cobertura no desenvolvimento de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Jornal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 87-93, jan/fev 2012.

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 819-826, 2004.

MORAES, A. L. Suplementação de bovinos de corte em sistema de pastejo. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 5, p. 97-112, 2012.

MORALES, D.; VARGAS, M. M.; OLIVEIRA, M. P.; TAFFE, B. L.; COMIN, J.; SOARES, C. R.; LOVATO, P. Response of soil microbiota to nine-year application of swine manure and urea. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 260-266, 2016.

NICODEMO, M, L, F. Uso de biomassa microbiana para avaliação de qualidade de solo em sistemas silvipastoris. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Sudeste, Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Documentos 93**. São Carlos, SP, 2009.

ODUM, E.P. The strategy of ecosystem development. **Science**, v. 64, p. 262-270, 1969.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M.; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L. C. Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: **EMBRAPA-CNPAF**, p. 90, 1996.

OLIVEIRA, P. de; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. de C. **Sistema Santa Brígida - tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas.**

Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 16, 2010. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 88).

PEREIRA, F. C. B. L.; MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; HOLANDA, H. V.; YANO, E. H. Consorciação de forrageiras com milho outonal em plantio direto: Produção de grãos e palha. **Cultura Agrônômica**, v. 24, n. 1, p. 17-26, 2015.

ROSSI, C. Q. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em área de soja cultivada sobre palhada de braquiária e sorgo**. 2009. 72 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 622-630, 2011.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. de. **Sistema São Mateus – sistema de integração lavoura-pecuária para região do Bolsão Sul-Mato-Grossense**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 6, 2013. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 186).

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; DREON, G. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 474-482, jul./set. 2011.

SILVA E. F. da; LOURENTE, E. P. R.; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M.; FERREIRA, A. K. T.; FUJII, G. C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1321-1331, 2011.

SIMÕES, S. M. O.; ZILLI, J. E.; COSTA, M. C. G.; TONINI, H.; BALIEIRO, F. de C. **Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de Acacia mangium no Cerrado de Roraima**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Roraima, Embrapa Solos, Universidade Federal de Roraima, Universidade Federal do Ceará. 2010.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 79-88, 2010.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, p. 416, 2004.

STIEVEN, A. C.; OLIVEIRA, D. A.; SANTOS, J. O.; WRUCK, F. J.; CAMPOS, D. T. da S. Impacts of integrated crop-livestock-forest on microbiological indicator of soil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n. 1, p. 53-58, 2014.

TOTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos com indicadores da qualidade do solo. IN: ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L.M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, 2002, v. 2, p. 195-267, 2002.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, p. 703-707, 1987.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analyses**, v. 19, p. 1467-1476, 1989.